REVUE SUISSE DE ZOOLOGIE 543
Tome 59, nº 28. — Décembre 1952.

Muséum d'Histoire naturelle de Genève

Oekologische Studien über die Collembolen des Blattkomposts

von

Gisela GISIN

Mit 7 Tabellen.

I. Einleitung

Gegenstand meiner Untersuchungen war die Entwicklung der Collembolenfauna im Verlaufe der Rotte von Blattkompost. Ob es gesetzmässige Collembolensukzessionen gibt, ist noch unbekannt, und eine strenge ökologische Spezialisierung der Collembolen wird überhaupt bestritten (Schaller 1949 *a*). Daher konnte meine Arbeit nicht von vorneherein kausal ausgerichtet sein; meine Versuchsanlagen in der freien Natur und im Laboratorium galten zunächst der orientierenden Vorfrage nach Zufall oder Gesetzmässigkeit. Aus der Naturbeobachtung sich ergebende Verknüpfungen sind ja die rationellste Grundlage für spätere kausal-ökologische Forschung.

Eine gewisse praktische Rechtfertigung meiner Beschränkung auf Collembolen besteht darin, dass diese Tiergruppe den weitaus grössten Anteil der mit Berlesetrichtern erfassbaren Kompostfauna ausmacht. Milben stellen in diesem Milieu auffallenderweise nur einen geringen Bruchteil davon dar, und erst recht Proturen, Symphylen und Pauropoden. Manchmal spielen aber auch Isopoden und Dipluren eine grössere Rolle. Ferner musste, entsprechend der Themawahl, der absolut zuverlässigen Bestimmung der Arten besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Da war mir mein Mann von einzigartiger Hilfe als Collembolenspezialist. Tatsächlich

musste von ihm die Systematik einiger Gruppen von ökologisch entscheidender Wichtigkeit erarbeitet werden (GISIN 1949 *a*, 1950, 1952). Eine kleine Statistik des dabei geschaffenen Standes unserer Kenntnisse hat er in einer Notiz selbst zusammengestellt (GISIN 1951 *b*).

Als Kompostcollembolen werden z. B in der Literatur *Hypogastrura armata*, *Onychiurus armatus*, *O. fimetarius*, *Folsomia fimetaria*,etc. angegeben. Aber alle diese Bestimmungen „ubiquistischer" Arten mussten gründlich revidiert werden. Unter den in dieser Arbeit berücksichtigten Arten hat mein Mann zuerst 8 als neu für die Wissenschaft beschreiben und viele revidieren müssen, hauptsächlich solche, die in den folgenden Ausführungen die grösste Rolle spielen. Meine Beobachtungen heben andererseits die taxonomische Berechtigung dieser Arten über alle Zweifel.

Son sind diese Studien die Frucht einer idealen Zusammenarbeit. Mein Mann schuf die systematischen Grundlagen mit besonderen, für mich ausgearbeiteten Bestimmungstabellen; meine ökologischen Befunde wiederum bestätigten oft die taxonomischen Auffassungen meines Mannes. Meine Arbeit ist bei stetem Gedankenaustausch entstanden.

Grossen Dank schulde ich dem Direktor des naturhistorischen Museums Genf, Herrn Dr. P. REVILLIOD; er hat mir erlaubt, im Museum zu arbeiten, wo ich die nötigen Instrumente zur Verfügung hatte. Den Herren J. SIMONET und Dr. Ch. FERRIÈRE bin ich zu Dank verpflichtet, mir in ihren Gärten Platz für Kompostierungsversuche eingeräumt zu haben, ebenso wie der Genfer Gartenbauschule, spezielle ihrem Direktor P. BARBEY und den Abteilungsleitern J. DUMONTHAY und L. MICHEL. Herrn Dr. L. DESHUSSES, Direktor des agrikulturchemischen Laboratoriums, danke ich für Analysen und Ratschläge.

II. TECHNIK

Als Standartprobe wurde eine solche von ca. 500 cm³ Volumen gewählt. In der Regel wurden die Proben in ca. 5—15 cm Tiefe der Komposthaufen entnommen. Zur Auslese standen 14 einfache Berlesetrichter aus Karton mit einem oberen Durchmesser (Sieb) von 22 cm zur Verfügung. Sie münden in Kunstgummistutzen, in

welche Glasröhrchen von 10/50 mm gesteckt werden können. Die verwendeten Siebe haben 24 Drähte pro Zoll, also Maschen von ziemlich genau 1 mm². Das erscheint ziemlich klein, hält aber erfahrungsgemäss weder die grössten Neanuren noch z. B. *Tomocerus baudoti* (einen der grössten Erd-Collembolen) ab; dafür lassen sie relativ wenig Unrat durchfallen, was besonders bei dem dicht bevölkerten Kompost vorteilhaft ist. Beschleunigt wurde das Austrocknen durch 60-Watt-Kohlenfadenlampen, die offen darüber angebracht waren und die Temperatur auf der Oberfläche der Proben auf ca. 30—35° C brachten. Bei 24-Stunden-Beleuchtung wurden die Proben drei Tage auf den Trichtern belassen. Die Fangröhrchen wurden mindestens alltäglich kontrolliert, mit Fixierflüssigkeit nachgefüllt und dabei die obenauf schwimmenden Tiere möglichst zum Absinken gebracht. Das Fixiergemisch hat folgende Zusammensetzung:

95% Alkohol:	75 ccm
Schwefeläther:	22 ccm
Eisessig:	4 ccm
40% Formol:	10 Tropfen.

Nach Abnehmen der Röhrchen wurden sie mit einer Etikette versehen, mit Watte verschlossen und unter 70% Alkohol bis zur weiteren Verarbeitung aufbewahrt.

Die definitive Auslese geschieht in Glyzerin-Wasser (ca. 50%) (Gisin 1943). Der überflüssige Alkohol wird mit einer Pipette weggesaugt, das Röhrchen bis zum Rand mit Glyzerin-Wasser gefüllt und mit einem passenden Papierscheibchen so verschlossen, dass man die Oeffnung ohne etwas zu verschütten in einen Glastiegel voll Glyzerin-Wasser tauchen kann. Der Inhalt entleert sich dann oft von selbst, sonst hilft man mit ein paar Spülungen nach. Mittels einer feinen Pipette, deren Oeffnung ca. 1 mm Durchmesser hat, kann man nun die obenaufschwebenden, von Unrat getrennten Tiere heraussortieren; Lupe oder Binokular und Beleuchtung von unten oder von der Seite sind dabei unentbehrlich.

Eine genügende Auswahl der Tiere wird schliesslich in einem Tropfen Milchsäure (hohl geschliffenes Objektglas) angeordnet und nach sanftem Erwärmen über einer Alkoholflamme bestimmt. Die meisten Arten lassen sich nach dieser Orientierung bei 10-facher Vergrösserung in Glyzerin-Wasser auseinander halten, im Zweifels-

falle müssen aber weitere Exemplare zu mikroskopischen Präparaten verarbeitet werden.

Ein genaues Auszählen der Individuen erschien sinnlos, unterliegt doch die Methode schon bei Entnahme, Transport, auf den Sieben usw. zu vielen Fehlerquellen. Die Abundanz der Arten wurde nach der klassischen Skala abgeschätzt:

Klasse	1	2	3	4	5	6	
Indiv./½ dm^2	1 — 2	— 4	— 10	— 25	— 75	—	(Massenvermehrung)

In Grenzfällen wurden bei kleinen Arten eher die niedere Klasse eingesetzt.

Nach Bestimmen und schätzungsweisem Auszählen wurde durch ein umgebogenes, mit Kollodium geklebtes Müllergazeröhrchen hindurch das Glyzerin-Wasser weggesaugt, und die Tiere mit Hilfe einer Pipette grösserer Oeffnungsweite in ein enges Glasröhrchen mit 70% Alkohol geschwemmt. Darin bleiben sie zur definitiven Aufbewahrung.

Die Feuchtigkeit des Substrates ist vielleicht für die Oekologie der Bodenfauna der wichtigste Faktor. Um dafür einen Anhaltspunkt zu erhalten, wurden die Proben (leider nicht schon von Anbeginn meiner Untersuchungen an) vor und nach dem Austrocknen auf den Sieben gewogen und die Differenz in Prozenten des Frischgewichtes ausgedrückt.

Die Wasserstoff-Ionenkonzentration (pH) wurde mehrmals mit Bromthymolblau geprüft. In keinem Falle konnte eine deutlich saure Reaktion festgestellt werden, sondern sie hielt sich immer um den Neutralpunkt oder war leicht alkalisch. In der Tat erhält man nach Deshusses (1943) in unserem Gebiet nie Komposte mit weniger als 4—5% Kalkgehalt, oft aber mit mehr, bis 25%.

Um ein gewisses Mass für den Zersetzungsgrad oder besser „Zerfressungsgrad" zu bekommen, wurden die Proben nach dem Austrockenen in einer Kiste mit Siebboden durchgeschüttelt (unlackiertes Fliegengitter, 17 Drähte auf 1 Zoll, d. h. Maschenweite ca. 1,5 mm). Die durchfallende Feinerde, die zum guten Teil aus Kleinarthropodenkot, also „garem Humus" besteht, wurde in Prozent des totalen Trockengewichtes berechnet.

III. Ausgangsbeobachtungen

Tabelle 1.
(Simonet.)

Jahr	1950								1951										1952
Tag	18.	8.	24.	12.	16.	13.	25.	6.	11.	7.	12.	20.	28.	25.	1.	17.	15.	20.	11.
Monat	1	3	5	7	8	9	10	12	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	1
Hypogastrura assimilis .	1																		
» *bengtssoni* .	4	6	4	1			2	3	2		1								
Isotoma olivacea	5	5	4								3								
Onychiurus stachianus . .			3	5	6	4	4	4	3	1	1	1							
Isotoma notabilis			2	6	4	5	3	5	5	4	4	3	4	4	5	3		2	1
Neanura muscorum . . .			4	6	5	5	5	5	4	5	2	4	3		2	1	1	1	
Pseudosinella alba . . .	1		1	3	4	5	4	4	3	3	4	3	1	5	5	3	4	4	5
Heteromurus nitidus . .				4	4	3	4	2				1	1	3	2	2			
Sinella caeca					1														
Folsomia multiseta . . .				3		4	4	6	4	6	6	5	6	6	6	5	6	6	6
Isotomiella minor							2	5	4	3	3	4	4	4	5	5	5	4	1
Proisotoma subminuta . .												4	3	1					
Tullbergia callipygos . .												2			4	4	4	4	5
» *krausbaueri* .													2				4	3	5
Onychiurus campatus . .																		3	1
Lepidocyrtus lanuginosus				4				1					2	3		2	3		
Lepidocyrtus cyaneus . .	1	1		3		2									1				
Wassergehalt % . .									50	51	57	47	44	49	25	27	24	14	26
Feinerde %									16	18	18	24	26	22	28	36	39	33	41

Während des Jahres 1949 untersuchte mein Mann in regelmässigen Abständen die Collembolenfauna von Komposten im Garten des Herrn Simonet in Châtelaine-Genf. In einer vorläufigen Notiz (Gisin 1949 *b*) hat er auszugsweise die beobachtete Entwicklung der Collembolengemeinschaften und die für gewisse Arten auffallende Hemmwirkung einer Kunstdüngung mit *Composto* tabellarisch zusammengestellt. Als ich ab Herbst 1949 diese Forschungen übernahm, wollte ich die Wirkung der Bestandteile des *Composto* (Gemisch von Kalk und Kalkcyanamid) trennen und liess dazu unter anderem einen Blätterhaufen nur mit Kalk düngen.

In Tabelle 1 sind die Resultate zusammengestellt die sich auf diesen Versuch beziehen. Bis auf relativ geringfügige Ausnahmen, auf die noch eingegangen wird, stimmen sie mit den vorjährigen, am ungedüngten Kompost erzielten, überein, d. h. die Kalkdüngung scheint keinen grossen Einfluss auf die Collembolenfauna ausgeübt zu haben.

Die betreffenden Blätter, hauptsächlich von Eschen, Hagebuchen, Kirsch- und Apfelbäumen stammend, wurden im Oktober 1949 auf Kieswegen und Wiesen zu einem Haufen zusammengekehrt, der nach Einstampfen ungefähr 1 m × 2 m auf 1 m Höhe mass und über den Winter wie jedes Jahr auf einem Kiesplatz im Halbschatten unter Bäumen verblieb. Durch Regen und Schnee wurde er bald bis auf den Grund durchnässt und trocknete in regenfreien Tagen höchstens ganz oberflächlich an. Am 8. Mai 1950 wurde dieser Haufen zu Versuchen zweigeteilt und an einen anderen schattigen Ort versetzt, dem seit vielen Jahren üblichen Kompostplatz in diesem Garten. Am 23. Mai 1950 wurde nun eine Hälfte von 340 dm³ (ca. 200 kg Frischgewicht) an Ort und Stelle abermals umgestochen und mit 1 kg gelöschtem Kalk durchmischt. Das faunistische Ergebnis einer am Tage darauf entnommenen Probe ist in Tabelle 1, Kolonne 3 eingesetzt. Erst am 20. September 1951 wurde dieser Haufen wieder versetzt. Unterdessen war er reichlich durch die benachbarten Johannisbeerstäucher durchwurzelt worden, und das trug zweifellos dazu bei, dass dieser Kompost im Hochsommer 1951 verhältnismässig stark austrocknete (vom Juni zum August von ca. 45% auf 25% Wassergehalt).

Tabelle 2.

(Museum.)

Ende November 1949 wurde im Hof des Museums (Promenade des Bastions) ein Haufen Blätter errichtet, welche von Ulmen, Linden, Ahorn und Eschen der umliegenden Parkanlagen stammten. Der gewählte Platz liegt am Südfuss einer ungefähr West-Ost verlaufenden Mauer, wird aber während des ganzen Vormittags durch das Museumsgebäude beschattet; nachmittags liegt er einige Stunden in der Sonne. Da der Platz (Sand- und Kieshof) vorher nie Kompostplatz war, wurden zwischen die Mauer und den ca. 1 × 1,5 × 0,8 m³ grossen Haufen zahlreiche kleine Proben aller

möglicher Herkunft geleert (Stallmist, Waldstreu, Holzmoder, Saatbeeterde, diverse Komposte, aber zunächst nie solche von Simonet). Der Haufen wurde weder gestampft noch je umgestochen, noch gedüngt. Im zweiten Jahr wachsendes Unkraut (hauptsächlich *Impatiens noli-me-tangere*) wurde periodisch ausgerissen, und während den heissesten Monaten wurde der Haufen oft durch Auflegen von Teerpappe etwas beschattet.

Jahr	1950									1951								1952			
Tag	6.	27.	1.	22.	11.	4.	4.	6.	27.	28.	28.	23.	23.	27.	24.	27.	29.	4.	24.	14.	12.
Monat	1	3	5	5	7	9	10	11	12	2	3	4	5	6	7	8	10	1	3	5	8
Hypogastrura assimilis	5	4	4	3														1			
Isotoma olivacea . .		4	5	4			1			3*	4*	4*	2*					1	1		
Hypogastrura denticulata		4	5	6	4		3	1		1											
Onychiurus fimatus .			2	1		2	2	3	3	5	5	5	5	6	4	4	3	2	2	4	4
Onychiurus stachianus											3	1							1		
Isotoma notabilis . .		3	3	3	6	3	3	5	4	5	5	5	5	6	5	4	4	4	3	3	3
Neanura muscorum .			2	3	4	5	4	3		3	3	3	3	5	1	1		1			
Folsomia candida . .			2	3	5	5	3	5	4	3	2	4	5	4	4	4					
Neanura giselae . .					4	4	2	2		·3	3	2	3	5	3	1	1			2	1
Proisotoma subminuta		3				1	2	3	1		1								1		
Tullbergia krausbaueri										1	1	2		1			1				
Folsomia multiseta .											2	1	1	2	1	3	4	5	5	3	4
Onychiurus burmeisteri																	2		1	1	
Isotomiella minor . .																			1		
Sinella caeca				4	1							2									
Pseudosinella alba .									1	1											
Heteromurus nitidus .			1		3								1								
Pseudosinella 6-*oculata*								2			1										
Lepidocyrtus lanuginosus				2			1	1		1	1	1	1	1	2				1		1
Lepidocyrtus cyaneus		1	3	1	3			1		1											
Wassergehalt % .							48			46	49	43	36	45	43	40	44	48	50	54	23
Feinerde % . . .										30	31	30	37	38	42	50	50	45	40	50	48

* Kümmerexemplare.

Tabelle 3.
(Gartenbauschule.)

Jahr	1951									1952				
Tag	23.	25.	4.	26.	19.	22.	19.	15.	5.	21.	3.	6.	16.	12.
Monat	2	4	6	6	7	8	9	10	12	2	4	5	6	8
Hypogastrura assimilis . .			1										1	
Isotoma olivacea	2	5	3	1							4	2		
Hypogastrura denticulata .		1		1	6						1	1		
Onychiurus stachianus . . .		3	1	4		1		1						
» *fimatus*			3											
» *ghidinii* . . .		1	2	5	6	5	6	5	4	3	4	3	3	1
Anurida comellinii		3	3	6	5	5	3	5	2	3	5	3	1	1
Proisotoma minuta	1	2	4	4	3	1				1			3	4
Isotoma notabilis	1		5	6	4	3	4	3	5	4	4	5	4	4
Neanura giselae			2	3	1									
Heteromurus nitidus . . .		1	3	2	1					1			1	
Sinella caeca		4	1	4	5	4	4	3						
Folsomia multiseta						1	1		3	3	4	4	5	5
» *candida*				3	3	2		3		2				
Neanura muscorum							1		2				1	
Tullbergia krausbaueri . .									1		1			
Odontella bayeri											1			2
Proisotoma parvula							1				1		4	3
Lepidocyrtus lanuginosus .			2	1	3	1			1	2	2	1		3
» *cyaneus* . . .			3	1		1								
» *octoculatus* . .														3
Wassergehalt % . . .	58	66	55	56	57	53	46	47	48	50	48	45	29	29
Feinerde %	0	0	5	10	9	10	20	26	18	18	20	30	—	36

Anfang Februar 1951 wurden in der Gartenbauschule in Châtelaine-Genf Blätter und Zweige von Eichen, Platanen, sowie wenigen Ulmen und Rosskastanienbäumen zu einem lockeren Haufen von $1 \times 1 \times 0{,}8$ m³ zusammengekehrt. Der Platz befindet sich in den Kompostanlagen der Gartenbauschule und ist der Sonne ständig voll ausgesetzt. Der Haufen wurde sich selbst überlassen, bis er im November umgestochen wurde.

Tabelle 4.
(Vergleich.)

	Tabelle 1	Tabelle 2	Tabelle 3
Hypogastrura assimilis	+	4	+
» *bengtssoni*	4	—	—
» *denticulata*	—	5	+
Onychiurus stachianus	5	+	3
» *fimatus*	—	5	+
» *ghidinii*	—	—	6
Neanura muscorum	5	5	+
» *giselae*	—	4	2
Pseudosinella alba	5	+	—
Heteromurus nitidus	4	+	2
Sinella caeca	+	+	4
Folsomia candida	—	5	3
Isotomiella minor	5	+	—

— nicht vorhanden.
+ nur sporadisch.
1-6 mindestens zweimal festgestellte höchste Abundanzklasse einer gut vertretenen Art.

Beim ersten Vergleich der drei Tabellen kann man sich des Eindrucks einer grossen Verwirrung nicht erwehren. Gemeinsame Züge sind weniger vorhanden als Unterschiede, von denen eine Auswahl in Tabelle 4 zusammengestellt ist.

Diesen Eindruck der Zufälligkeit der ökologischen Verteilung der Collembolenarten hatten auch alle älteren Oekologen, welche sich mit dieser Gruppe befassten, und so bekam sie den Ruf als „schwierig und vor allem undankbar" (Linnaniemi, Agrell). Erklärt wurde diese Erscheinung damit, dass „die Vertreter dieser Gruppe im Verhältnis zu mehreren anderen Tieren in ungewöhnlich geringem Grade an bestimmte Oertlichkeiten gebunden sind" (Linnaniemi 1907). Zu diesem Schluss ist auch neuerdings Schaller nach mehrjährigen Forschungen gekommen: „... die meisten Collembolenarten sind weitgehend euryök" (Schaller 1951).

Wenn dem so ist, so beruhen die von mir festgestellten Unterschiede offenbar nur auf zufälligen, lokalen Verschiedenheiten der Erstbesiedlung. Ich wollte das durch einige Versuche aufzeigen.

IV. Besiedlungsversuche

Um zu prüfen inwiefern das Fehlen einer bestimmten Art in einem gegebenen Blattkomposthaufen darauf beruhen kann, dass die betr. Art „zufällig" nicht in der nächsten Umgebung vorhanden ist, wurden solche Haufen mit fehlenden Arten „infiziert", indem in Randpartien der Haufen ½—1-Liter-Proben fremder Komposte beigefügt wurden. So wurden Proben vom Garten Simonet (Tab. 1), enthaltend *Hypogastrura bengtssoni* (Winter 1950/51 und 1951/52), *Onychiurus stachianus* (Sommer 1950) und *Tullbergia callipygos* (April 1952) in Kompost des Museumsgartens (Tab. 2) eingeführt. Ebenso wurde verfahren mit Proben verschiedener Art aus der Gartenbauschule und dem Garten des agrikulturchemischen Laboratoriums enthaltend *Onychiurus hortensis*, *O. stachianus*, *O. imperfectus*, *O. campatus*, *Hypogastrura succinea*, etc. Umgekehrt wurden so aus dem Museumsgarten *Hypogastrura assimilis* und *Onychiurus fimatus* bei Simonet einzubürgern versucht. Alle diese Versuche verliefen überraschenderweise völlig negativ: die eingeführten Arten wurden nie wieder in den damit besiedelten Haufen gefunden.

Um die Tiere zu zwingen, wirklich in den „fremden" Kompost überzutreten, wurden daraufhin neue Versuche so angelegt, dass 2—3 Liter fremden Komposts auf einem Sieb direkt auf dem zu besiedelnden Haufen ausgetrocknet wurden. In den Gärten Simonet bezw. Museum wurde so mit *Onychiurus fimatus* und *Folsomia candida* bezw. *Heteromurus nitidus* verfahren. Bei dieser Versuchsanlage konnten während den darauffolgenden 1—2 Monaten tatsächlich eine Anzahl Exemplare der fremden Arten wiedergefunden werden; sie hielten sich aber nicht länger.

Noch krasser war der Misserfolg einer Massenbesiedlung der Kompostanlage im Museumsgarten mit *Hypogastrura armata*, mit welcher Art man bisher *H. denticulata* immer verwechselt hatte. Die kompostfremde Art bevölkert massenhaft gewisse Waldpilze; solche wurden auf den Komposthaufen verteilt und wie auf einem Berlesetrichter trocknen gelassen (1.10.1950). *Hypogastrura armata* konnte aber nie wieder im Museumsgarten nachgewiesen werden.

In der Absicht, die eingeführte Art gegenüber den ansässigen konkurrenzfähiger zu machen, verpflanzte ich nun am 19. Januar 1951 ca. 10 Liter Simonet-Kompost (vom Herbst 1950), welcher

wie derjenige vom Vorjahre (Tab. 1) sehr reichlich mit *Hypogastrura bengtssoni* besiedelt war, in einem Korb aus Hühnerstallgitter mitten in jungen Kompost im Museumsgarten, der reichlich *Hypogastrura assimilis* enthielt. Ausserhalb des Korbes wurde nie ein einziges Individuum der eingeführter *H. bengtssoni* gefunden, während die Art im Korb bis zum 12. April ausgestorben war und unterdessen nur durch ganz vereinzelte *H. assimilis* ersetzt war. Mit zwei Monaten Rückstand gegenüber dem umliegenden Haufen wurde der Kompost im Korb dann reichlich mit der fremden *Onychiurus fimatus* bevölkert. Dass daraus aber nicht ohne weiteres auf eine normale Entwicklung dieser Art im Korb geschlossen werden darf, zeigt folgender Versuch.

Am 3. Juli 1951 wurde ein ½-dl-Gläschen mit Simonet-Kompost vom Herbst 1950, der im Frühjahr ausnahmsweise nicht umgestochen worden war, gefüllt und ein zweites mit vorher ausgetrocknetem und wieder angefeuchtetem Kompost vom Museumsgarten. Beide wurden mit 15—20 Exemplaren *Onychiurus fimatus* vom Museumsgarten beschickt. Nach ca. 9 Wochen, am 10. September 1951 fanden sich im Simonet-Kompost-Gläschen noch 18 grosse, ausgewachsene Exemplare der eingepflanzten Art, aber kein Jungtier; im Museumskompost-Gläschen hingegen waren 48 Stück aller Grössen. (Das ist allerdings auch noch eine recht geringe Vermehrungsquote. Anfangs sind mir im Laboratorium überhaupt keine Dauerzuchten von *Onychiurus fimatus* und *Isotoma olivacea* gelungen, obwohl die Tiere eifrig frassen und wuchsen, aber entweder gar keine Eier legten oder die Jungtiere sich nicht recht entwickelten.) Das weist darauf hin, dass eine Art, namentlich bei Uebervölkerung, die öfter eintritt als man denkt, in umliegende Milieus einwandern, sich dort auch eine zeitlang ernähren aber eventuell nicht dauernd vermehren kann. Es ist möglich, dass das zahlreiche Erscheinen von *Folsomia candida* im Museumskompost des 2. Sommers, sowie verschiedener Arten in den Korbversuchen auf dem fortlaufenden Eindringen dieser Arten aus den direkt umliegenden Komposten, in denen sie sich massenhaft entwickelten, beruht. Diese Fehlerquelle muss bei neuen Versuchsanlagen nach Möglichkeit ausgeschaltet werden, z. B. durch besseres Isolieren der Haufen. Dass solche, das ökologische Bild störende Faunenverlagerungen auch in der freien Natur vorkommen, beweist der Fund AGRELL's (1941, p. 150—153) von *Isotoma*

olivacea an einem Standort (Wiesenbirkenwald), wo sich die Jungtiere nicht bis zur Geschlechtsreife fortentwickelten, und vielleicht nur von passiv angeschwemmten Eiern herrührten.

Ein schlüssiger Korbversuch wurde im Museumsgarten mit Tannennadeln (vom Jurasüdhang) erreicht. Als besondere Arten fanden sich ursprünglich darin *Onychiurus quadriocellatus* und spärliche *Folsomia quadrioculata.* Erstere Art ist nach drei Monaten ausgestorben; letztere hat sich aber mächtig entwickelt, ohne je aus dem Korb in die Blattkomposte übergetreten zu sein. Nach neun Monaten drangen dafür einige *Folsomia multiseta* von aussen in den Korb ein. Nie eingedrungen sind *Hypogastrura assimilis*, *Heteromurus*, *Pseudosinella*, *Sinella* und *Folsomia candida.*

Schliesslich ist in diesem Kapitel noch folgender Versuch erwähnenswert. Am 20. September 1950 wurden ½-Liter-Proben der Komposte, welche den Tabellen 1 und 2 zu Grunde liegen, in undicht verkorkten Glaszylindern aufbewahrt. Die Auslese am 10. Dezember 1950 zeigte eine normale Fauna bis auf drei auffällige Ausnahmen: alle Onychiuren (*fimatus* bezw. *stachianus*) und *Folsomia candida* waren vollständig ausgestorben, während sie im Freiland noch häufig waren.

Wenn auch mit obigen Versuchen nicht alle Möglichkeiten experimenteller Besiedlung erschöpft sind und daraus nicht geschlossen werden darf, dass der „historische" Faktor bei der Besiedlung überhaupt nie eine Rolle spielt, so sind meine Befunde doch unvereinbar mit der Theorie der Euryöcie der Collembolenarten. Eigentlich geht der Widerspruch zu dieser Theorie schon aus dem aufmerksamen Studium der Tabellen 1—3 hervor. Am deutlichsten zeigt es Tabelle 3. Im Haufen, in dem ab Hochsommer unter den Onychiuren die Art *ghidinii* allein dominiert (Massenvermehrung Juli-September), entwickelte sich vorerst im Frühling die dominante Art der Tabelle 1 *(O. stachianus)* und daneben im April die dominante Art der Tabelle 2 *(O. fimatus).* Es ist mit der Theorie der Euryöcie nicht erklärlich, wieso beide Arten nachträglich durch eine andere ersetzt werden. Schliesslich ist mit dieser Theorie auch das oft brüske Verschwinden reichlich vorhandener Arten, wie *Is. olivacea* und *Hypogastrura assimilis*, *H. bengtssoni* im ersten Frühling sowie anderer Arten im Verlauf der Rotte oder das verspätete Auftreten der gemeinen *Folsomia multiseta*, etc. nicht einzusehen.

Freilich wird der Begriff der ubiquistischen Art wohl nicht unbeschränkt weit gefasst. Sollten sich aber die eingangs dargestellten faunistischen Unterschiede als ökologische Spezialisierungen der betreffenden Arten herausstellen, so wäre es zweifellos nicht mehr am Platze, von Ubiquität zu reden. Es erstand mir daher die Aufgabe, nun diese Hypothese zu prüfen.

V. Korrelationen zwischen Faunenzusammensetzung und Milieu

a) *Zusammensetzung des Substrates*

Es musste zunächst berücksichtigt werden, dass die drei Hauptversuchshaufen (Tab. 1—3) aus verschiedenen Blattgemischen bestanden, die im Kapitel III beschrieben sind. Ueber den Einfluss des Substrates verfüge ich über folgende Beobachtungen und Versuche.

Gleichzeitig mit dem in Tabelle 2 auf seine Fauna ausgewerteten Kompost, wurde direkt daneben frisch geschnittenes Gras und grüne Blätter und Zweige der Zierpflanze *Aucuba japonica* vermischt mit viel Sand aufgehäuft. Die sich darin entwickelnde Fauna stimmt mit derjenigen der Tabelle 2 so sehr überein, dass ich verzichte sie im Detail darzustellen. Als Fehlerquelle bei diesem und der folgenden Versuche muss allerdings an die schon im vorigen Kapitel erwähnte der Einwanderung von milieufremden Arten gedacht werden.

In einem Drahtkorb, der im Blattkompost des Museums eingelassen war, wurden ca. 10 dm³ Pferdemist (mit Stroh) kompostiert. Die Faunenzusammensetzung zeichnete sich hauptsächlich durch Seltenheit von *Folsomia candida* und der Neanuren, aber frühes Auftreten (im Oktober, ca. zehn Monate nach Beginn des Versuches) von *Onychiurus burmeisteri* aus. Zur gleichen Zeit trat letztere Art auch im Korb mit Tannennadeln auf, von denen schon die Rede war. In einem Korb Torfmull fand sich jeweils nur eine spärliche Anzahl der Arten aus dem Blattkompost. In einem weiteren Korb mit Eichenblättern waren höchstens quantitative Differenzen festzustellen.

Während der Haufen des Museumsgartens im Herbst 1949 aus Blättern von Ulmen, Ahorn, Eschen und Linden bestand, wurde

am gleichen Ort im darauffolgenden Herbst ein solcher von Linde, Catalpa und Paulownia bestellt. Der einzige Unterschied in der sich entwickelnden Fauna im Vergleich zum Vorjahr bestand in der Seltenheit von *Hypogastrura denticulata*; aber es ist wahrscheinlicher, dass dies auf den nasskalten Frühling 1951 zurückzuführen ist, als auf den Unterschied in der Blattzusammensetzung. Die Konstanz der Faunenzusammensetzung an einem gegebenen Ort, trotz Besiedlungsversuchen und Variieren des Substrates, war sehr bemerkenswert, und führte mich dazu, meine Aufmerksamkeit eher klimatischen Einflüssen zuzuwenden.

b) *Jahreszeiten.*

Die Beziehung zwischen dem Auftreten von *Isotoma olivacea* und *Hypogastrura assimilis* bezw. *bengtssoni* und der winterlichen Jahreszeit ist ganz auffällig. Dass diese Arten nicht ausschliesslich eine erste Phase der Tiersukzession in noch unzersetztem Kompost bezeichnen, geht daraus hervor, dass erst im Sommer zur Kompostierung gebrachte, vorher trocken aufbewahrte Blätter diese Arten nicht entwickeln lassen. Ich habe wiederholt beobachtet, dass diese Arten fast schlagartig mit der warmen Jahreszeit verschwinden. Trotzdem bezeichnen sie, mindestens im Winter, wenig zersetzten Kompost, im 2. oder 3. Winter der Kompostierung treten sie höchstens noch in Kümmerindividuen auf; ob diese aus übersommerten Eiern oder von benachbarten Standorten eingewanderten Individuen herrühren, muss noch untersucht werden.

c) *Lokalklima und Witterung.*

Die Standortsklimate der drei Hauptversuchsgelände sind sehr verschieden. Nach zunehmender Besonnung ordnen sie sich in folgende Reihe: Simonet (Tab. 1, Dauerhalbschatten), Museum (Tab. 2, vormittags Schatten, nachmittags Sonne), Gartenbauschule (Tab. 3, immer in der Sonne). Im Museum und in der Gartenbauschule trocknen die Haufen während den Schönwetterperioden in den oberen Schichten ziemlich stark aus, auch oft im Winter. Im Garten Simonet dagegen bleibt der Kompost, wenigstens im Winter, dauernd bis auf die oberste Blattschicht durchnässt. Das sichtbare Resultat davon ist die pastenartige Aufweichung der Blätter, wie sie nie bei Komposten, die teilweise der Sonne ausgesetzt sind, beobachtet wurde. Mit dieser Erscheinung steht deutlich das Auf-

treten von *Hypogastrura bengtssoni* bei Simonet und *H. assimilis* im Museum in Beziehung. Ich glaubte zunächst, dass dabei auch eine wesentliche Rolle die Tatsache spielte, dass Herr Simonet seinen Blatthaufen im Herbst stampfte. Im Herbst 1951 liess er aber einen neuen Haufen ungestampft, was ohne Wirkung auf das faunistische Resultat blieb, und gleichzeitig liess Herr Ferrière in Genf-Florissant einen beschatteten und sehr lockeren Haufen errichten, der ebenfalls bald mit *H. bengtssoni* besiedelt wurde. Schliesslich stampfte ich im Museumsgarten Kompost ohne Erfolg in Bezug auf *H. bengtssoni*, die ich doch künstlich einimpfte; nur *H. assimilis* entwickelte sich darin. Nun hatte aber mein Mann (Gisin 1949 *b*) im Winter 1948/49 bei Simonet im gleichen Haufen sowohl *H. bengtssoni* als auch *H. assimilis* (= *H. manubrialis assimilis*) gefunden, und zwar entsprechend einer unveröffentlichten Probeserie (23. Februar 1949) an der Oberfläche nur *H. assimilis*, in der Mitte etwa gleichviel Vertreter beider Arten und in der Tiefe des Haufens mehr *H. bengtssoni* als *assimilis.* Diese Ausnahmeerscheinung erklärt sich aber leicht durch die aussergewöhnlichen Niederschlagsverhältnisse jenes Winters. Im Februar 1949 regnete es nur an 1 Tag, und zwar nur 2,3 mm, gegen 93,3 mm 1950 und 104 mm 1951. Der ganze Winter war damals viel trockener als die folgenden. Diese Beobachtungen bestätigen den ausschlaggebenden Einfluss der Feuchtigkeit für das Vorkommen von *Hypogastrura bengtssoni* bezw. *assimilis*, zweier ökologisch scharf differenzierter Arten. Für letztere Art ist der Kompost der Gartenbauschule offenbar schon wieder zu trocken.

Nachdem so an einem Beispiel der Einfluss standortsklimatischer Unterschiede unzweifelhaft gemacht worden war, durfte man sie auch als wahrscheinlichste Erklärung der in Tabelle 4 zusammengestellten faunistischen Unterschiede heranziehen. Insbesondere liesse sich so die Entwicklung der Onychiuren in der Gartenbauschule (Tab. 3) gut verstehen. Im Frühling, wo der Temperaturunterschied der Standorte noch nicht so ausgeprägt war (jedenfalls im kalten, regnerischen Frühjahr 1951) versuchten sich zunächst spontan die Arten von Simonet *(stachianus)* und vom Museum *(fimatus)* zu entwickeln; ab Ende Juni wurden sie aber von der offenbar durch die Wärme begünstigten *ghidinii* überflügelt. Aber das war eine Erklärung, die noch weiterer Bestätigung bedurfte, was ich durch Laboratoriums-Experimente versuchte.

VI. Wärme- und Feuchtigkeitsexperimente

Dass die Collembolenarten verschiedene Temperatur- und Feuchtigkeitsbereiche bevorzugen, ist durch Agrell's Präferendaversuche nachgewiesen worden. Doch betreffen diese mehr die physiologische Tendenz der Arten, wieder die Feuchtigkeits- oder Temperaturzone aufzusuchen, an die sie am natürlichen Standort gewohnt waren. So erklärt sich auch Agrell's Beobachtung, dass eine Art andere Feuchtigkeitsbereiche aufsucht, je nachdem sie einem durchschnittlich trockeneren oder feuchteren Standort entstammt (insofern die von Agrell angegebenen Unterschiede nicht einfach auf Bestimmungsfehlern beruhen, wie es sicher in mehreren Fällen zutrifft). Ueber die Fähigkeit einer bodenbewohnenden Collembolenart in bestimmten Feuchtigkeits- oder Temperaturbereichen ihren Lebenszyklus zu vollenden, liegen bisher noch keine Versuche vor. Die im folgenden beschriebenen Experimente sind die ersten wirklichen ökologischen Versuche oder besser Vorversuche mit endogäischen Collembolen.

Am 22. August 1951 setzte ich drei undicht verkorkte Glaszylinder mit je ½ Liter Kompost von der Gartenbauschule an, in dem sich (Tab. 3) zahlreich *Onychiurus ghidinii* entwickelte und

Tabelle 5.

	22. 8	1.12			5.12
	Freiland	Thermo	Labo	Frigo	Freiland
Onychiurus stachianus . .	1	1	1	1	—
» *fimatus* . . .	—	(16+0)	(23+15)	(13+25)	—
» *ghidinii* . . .	5	5	5	5	4
Anurida comellinii . . .	5	—	4	4	2
Proisotoma minuta . . .	1	—	—	—	—
Isotoma notabilis	3	3	3	5	5
Sinella coeca	4	4	3	—	—
Folsomia multiseta . . .	1	—	1	—	3
Wassergehalt %	53	43	52	51	48
Feinerde %	10	29	19	15	18

beschickte jeden mit 15—20 Exemplaren *Onychiurus fimatus* vom Museumsgarten. Ein Glas kam in einen Thermostaten bei 25—30° C, eines blieb im Laboratorium und eines wurde der Temperatur von + 2—3° C eines Kühlschrankes ausgesetzt. Am 1. Dezember 1951 wurde ausgelesen; das Resultat ist in Tabelle 5 zusammengestellt.

Die Zahlen bedeuten wieder Abundanzklassen, ausser für die eingeführte *O. fimatus*, wo die erste der im Klammer gesetzten Ziffern die Adulttiere, die zweite die Jungtiere betreffen. Zu *O. ghidinii* ist beizufügen, dass die Tiere vom Thermostat alle relativ klein waren, diejenigen vom Laboratorium mittel bis gross und jene aus dem Eisschrank ausschliesslich sehr gross. Aus diesem Versuch möchte ich folgende Schlüsse ziehen:

1. *Onychiurus ghidinii* pflanzt sich im Kühlschrank nicht fort; sie ernährt sich aber und wächst zu Riesenexemplaren heran, wie sie bei vermehrungsoptimalen Bedingungen nicht auftreten. Das bestätigt die schon bei den Besiedlungsversuchen aufgekommene Vermutung, dass eine Art in ungeeignetem Milieu recht lange durchkommen und heranwachsen kann, ohne sich zu vermehren.

2. Günstige Bedingungen zur Vermehrung fand *O. ghidinii* im Thermostaten bei Temperaturen, die denjenigen im besonnten Komposthaufen während des Sommers in der Gartenbauschule ungefähr entsprechen.

3. Bei dieser Temperatur vermehrt sich umgekehrt *O. fimatus* nicht mehr, wächst aber heran.

4. Für die Entwicklung der ganz spärlich vorhandenen *O. stachianus* war der Kompost wahrscheinlich zu trocken.

5. Es lässt sich jetzt erklären, warum *O. fimatus* ihre Hauptvermehrungszeit im Winter hat (Tab. 2), *O. ghidinii* und *stachianus* aber im Sommer (Tab. 1 und 3).

6. *Sinella caeca* ist ein ausgesprochener Wärmespezialist; auch die Adulttiere widerstehen offenbar der niederen Temperatur des Kühlschrankes nicht.

7. Die Zunahme an Feinerde ist ein brauchbarer Gradmesser der biologischen Aktivität im Kompost.

8. Es ist für gewisse Arten eindeutig nachgewiesen, dass das Standortsklima für die in den Hauptversuchshaufen festgestellten

Unterschiede der Kompostcollembolenfauna am meisten verantwortlich ist.

9. Es wird verständlich, warum mir alle Zuchtversuche von *Onychiurus fimatus* im geheizten Raum missrieten. Es schien wahrscheinlich, dass im obigen Versuch für diese Art die Temperatur des Kühlschrankes zu tief, im Laboratorium aber zu hoch war. Um das zu prüfen, wurden am 17. Januar 1952 vier ½-Liter-Gläser mit neuem Septemberkompost vom Museumsgarten gefüllt, zwei im Laboratorium bei ungefähr 17—20° C behalten und zwei in einen kühleren Raum (um 12° C) gestellt. Am 21. April 1952 konnten in den zwei Laboratoriumsgefässen ca. 50 sehr grosse und nur wenige kleine Exemplare von *fimatus* nachgewiesen werden; in den kühler gestellten Gefässen hatte sich die Art massenhaft vermehrt: je ca. 200 Tiere aller Grössen.

Um nun zu untersuchen, ob die Wärme oder die Feuchtigkeit für das Verschwinden von *Isotoma olivacea* verantwortlich seien, wurden am 23. Februar 1951 je ein Glas Kompost aus Blättern des vorigen Herbstes im Laboratorium bezw. im Kühlschrank aufbewahrt. Ebenso verfuhr ich gleichzeitig mit *Is. olivacea*-haltigem Simonet-Kompost. Am 11. Juni, zu einer Zeit wo im Freiland die Art verschwunden war, verschwand sie auch ganz oder beinahe in den Zimmergläsern, in denen doch die Feuchtigkeit auf dem ursprünglichen Stand geblieben war. Im Eisschrank lebte aber die Art noch sehr reichlich. Merkwürdigerweise hielten sich hingegen *Hypogastrura assimilis* bezw. *bengtssoni* in keiner dieser Kulturen.

Einen orientierenden Versuch mit einer „Feuchtigkeitsorgel" stellte ich Ende Januar 1951 folgendermassen an. In einer länglichen Holzkiste wurden vier durch Drahtsiebe abgeteilte ½-Liter-Proben vom Museumsgarten gegeben, und zwar eine solche mit Blättern vom vorigen Herbst (75 % Wasser) und drei vom einjährigen Kompost (ca. 50% Wasser), wobei die erste mit 50% vom Totalgewicht mit Wasser angereichert wurde und die dritte an die Kastenwand stiess, welche durch Stoff ersetzt war und so stärker austrocknete. Nach neun Tagen wurde ausgelesen (Tabelle 6):

Tabelle 6.

Wassergehalt %	75	54	49	33
Hypogastrura assimilis . . .	4	—	—	—
Neanura muscorum	4	3	3	3
» *giselae*	4	3	2	1
Isotoma olivacea	6	5	4	3
» *notabilis*	3	3	4	5
Onychiurus fimatus	1	4	4	5
Folsomia candida	3	3	4	5
Lepidocyrtus lanuginosus . . .	1	1	1	—

VII. Collembolenfauna und Mikroflora

Im Zusammenhang mit den Beobachtungen über den Einfluss der Feuchtigkeit auf die Collembolenfauna, müsste auch an die deutlichen Beziehungen zwischen dem Auftreten der Hypogastruren und der Feuchtigkeit des Standorts, sowie der Witterung (Kapitel V *c*) erinnert werden. Nun konnte aber zwischen den Komposten mit *Hypogastrura assimilis* und denen mit *Hypogastrura bengtssoni* nie ein entsprechender Unterschied des Wassergehalts durch Wägen gemessen werden (ca. 75%). Ja *Hypogastrura bengtssoni*, die charakteristische Art ständig durchnässter Blätter, ist im Simonetkompost (Tab. 1) im zweiten Winter bei Wassergehalten aufgetreten, die weit unter denjenigen der Komposte mit *Hypogastrura assimilis* liegen. Noch deutlicher war das im zweiten Winter (1951/52) eines Haufens im Garten Simonet, der nicht schon im ersten Frühjahr sondern erst als einjähriger Kompost im Herbst umgestochen wurde und in dem sich, zweifellos autochton, massenhaft *Hypogastrura bengtssoni* entwickelten bei relativ niedrigem Wassergehalt. In einem Versuch vom April 1952 wurde *bengtssoni*-Kompost in eine Blechschachtel neben Museumskompost gegeben. Der erste wurde bis auf 43% Wassergehalt ausgetrocknet, letzterer täglich stark besprengt (80% Wasser am Ende des Versuchs). Nach drei Wochen lebte immer noch im ursprünglichen *bengtssoni*-Kompost *Hypogastrura bengtssoni* und war nicht ausgewandert.

Hypogastrura assimilis konnten keine mehr aufgefunden werden. Trotzdem ist der Unterschied zwischen einem *bengtssoni*-Kompost und einem *assimilis*-Kompost schon von Aug erkenntlich. Der erstere zeigt schwarze, in der Form erhaltene, aber pastenartig erweichte Blätter, in letzterem sind die Blätter braun, zerfressen und nur ihr hartes Lignin Blattnervennetz ist erhalten. Es ist offenbar, dass dieser Unterschied auf verschiedener mikrobieller Zersetzung beruht.

Die mit einem stagnierenden Wasserfilm überzogenen Blätter unterliegen wahrscheinlich einer teilweise anaëroben Fermentierung mit anderen Abbaustufen und Nebenprodukten als die Blätterhaufen mit wechselnder Wasserführung, die durch periodisches Austrocknen und Wiederbefeuchten der oberen Schichten erzeugt wird.

Es muss so daran gedacht werden, dass die physikalischen Faktoren, wie die Feuchtigkeit, nicht nur direkt, sondern vielleicht noch mehr indirekt über die mikrobiellen Vorgänge im Kompost auf die Collembolenfauna einwirken.

Zu diesem Schluss verleiten auch eine Anzahl Beobachtungen an *Isotoma olivacea*. Nach einem im vorhergehenden Kapitel angeführten Versuch, kann man diese Art in der Kühle bis in den Sommer hinein dauernd am Leben erhalten, während sie in der Zimmer- bezw. Frühlingswärme eingeht, auch wenn man für genügend Feuchtigkeit und unzersetzte Blätter sorgt. Dass ihr aber nicht die Wärme direkt zum Verhängnis wird, ergab sich aus anderen Erfahrungen.

Anfang Mai 1950 wurde im Garten Simonet ein *Isotoma olivacea-Hypogastrura bengtssoni*-Blatthaufen irrtümmlicherweise mit zu grossen Mengen Kunstdünger behandelt, nämlich mit 2,5 kg gelöschtem Kalk und 1,5 kg Harnstoff auf ca. 150 kg Kompost. Als Resultat dieser Ueberdüngung war der Haufen während mindestens zwei Monaten völlig collembolenfrei, worauf sich ab Juli (!) wieder sehr zahlreich bis zum nächsten Frühjahr *Isotoma olivacea* einstellte (neben *Pseudosinella alba* und *Heteromurus nitidus*, sowie im Winter *Hypogastrura bengtssoni*).

Ganz Entsprechendes ergaben Düngungsversuche im Laboratorium. Z. B. wurde am 28. September 1950 einjähriger Kompost vom Museum in eine durch Drahtsiebe viergeteilte Blechschachtel gebracht. Der ca. 50% wasserhaltige Kompost wurde vorher teil-

weise ausgetrocknet und das verdunstete Wasser durch steigende Konzentration von Kalknitratlösung ersetzt, so dass die vier 200-gr-Proben, bezogen aufs Totalgewicht, 0—0,16—1,6—16$^{0}/_{00}$ Kalknitrat enthielten. Dann wurde möglichst gleichmässig mit *Isotoma olivacea* geimpft und die Büchse im geheizten Zimmer gelassen. Am 12. Dezember waren in der ungedüngten Probe keine *Isotoma olivacea*, wie wir uns jetzt gut erklären können (Wärme) aber in der 0,16$^{0}/_{00}$-Probe fand ich 22 Stück, in der 1,6$^{0}/_{00}$-Probe 35 Stück, in der 16$^{0}/_{00}$-Probe schliesslich 3 Stück. Für *Isotoma notabilis* war das Resultat übrigens in der gleichen Reihenfolge: 129, 86, 43, 0 Exemplare. Andere Arten waren nur in statistisch ungenügenden Mengen vorhanden. Auch *Onychiurus fimatus* konnte einmal im geheizten Zimmer bei Anwesenheit von Cyanamid zur Vermehrung gebracht werden.

Für diese, scheinbar diskordanten Beobachtungen an *Isotoma olivacea* möchte ich folgende Erklärung geben. Am Verschwinden dieser Art während der warmen Jahreszeit ist nicht die Wärme direkt schuld, sondern die damit einsetzenden mikrobiellen Vorgänge im Kompost. Durch gewisse chemische Stoffe werden die sommerlichen Fermentierungsprozesse gehemmt oder verändert, ähnlich wie im Winter durch niedere Temperatur, und dann kann sich *Isotoma olivacea* auch bei höherer Temperatur entwickeln.

Es scheint mir dringend, dass diese vorerst nur unbestimmte Arbeitshypothese in Zusammenarbeit mit Mikrobiologen geprüft wird. Dass Bakterien eine wesentliche Rolle in der Ernährung der Collembolen spielen, scheint mir festzustehen. Das ergibt sich schon aus der Art der Nahrungsaufnahme dieser Insekten. Sie fressen die Blattsubstanz nicht wie Schmetterlingsraupen, sondern schaben die aufgeweichte Oberfläche samt Bakterienschleim ab. Es benehmen sich da allerdings nicht alle Arten gleich. *Isotoma olivacea* greift z. B. nie grünen Salat an, frisst daran aber gierig sobald er fault. Hingegen konnte *Onychiurus fimatus* beim Verzehren von grünem Salat frischgekochtem Eiweiss und grünen Rindenalgen beobachtet werden. Ob die Bakterien verdaut werden oder was sonst mit ihnen im Darmkanal oder im Kot der Bodeninsekten geschieht ist eine noch kaum je gestellte Frage. Dabei kommt man heute mehr und mehr zur Ansicht, dass der fruchtbare Humus eben gerade den Darm von Bodentieren passiert haben muss. Hier klafft also eine Lücke in der Erforschung der

Prozesse, die zur Humusbildung führen. Ihre Klärung verspricht zugleich Entscheidendes zur Physiologie und Oekologie der Collembolen. Das hier Beobachtete zeigt aber einmal mehr, dass nicht einfach von der Tierordnung als Gesamtheit ausgegangen werden darf, sondern von den in jedem Fall am Standort tätigen, richtig bestimmten Arten, denn sie sind ökologisch sehr ungleichwertig.

Da die Verabfolgung von Kunstdünger wohl hauptsächlich auf den Umweg über die Mikroflora auf die Collembolen wirkt, sollen hier noch einige Beobachtungen darüber erwähnt werden.

Die erste Beobachtung darüber ist m. W. diejenige meines Mannes (Gisin 1949 *b*) im Garten Simonet, wo eine Gabe von ca. 5‰ Kalkcyanamid (vom Gesamtgewicht) die Entwicklung von *Onychiurus stachianus* (= *gridellii* Gisin 1949) und *Hypogastrura denticulata* vollständig verhinderte und das Auftreten von *Folsomia multiseta* um ca. drei Monate vorverschob.

Eine 1950/51 im Museumsgarten am Anfang der Kompostierung ausgeführte Herbst-Düngung mit ca. 20‰ Cyanamid, veränderte im Ganzen betrachtet die artliche Zusammensetzung der Collembolenfauna nicht, förderte aber mächtig sowohl *Folsomia candida* als auch *Onychiurus fimatus* gegenüber dem unbehandelten Vergleichshaufen, der im April nur 5% gegen 30% und im Oktober 40% gegen 56% Feinerde enthielt. (*Hypogastrura denticulata* entwickelte sich in jenem kalten Frühjahr sowieso nicht). *Folsomia multiseta* trat im gedüngten Haufen schon ab Juli auf und zwar viel zahlreicher als im ungedüngten Vergleichshaufen, wo sie erst spärlich ab Oktober erschien.

Am 20. September 1950 wurde Simonet-Kompost (entsprechend Tab. 1) in zwei kleinen Gläsern gut verkorkt, nachdem er mit 0,5‰ bezw. 2,5‰ feinzerstossenem Ammoniumsulfat gemischt und mit je 30 Exemplaren *Hypogastrura denticulata* beschickt worden war. Nach 2½ Monaten erwies sich die stärker gedüngte Probe völlig steril in Bezug auf Collembolen, im anderen lebten nur noch 4 Hypogastruren, keine Onychiuren und keine Neanuren mehr, während die übrige Collembolenfauna ungefähr normal war. Schliesslich hat auch ein erster Versuch mit Penicillin andeutungsweise gezeigt, dass Antibiotika in diesem Zusammenhang zu aufschlussreichen Versuchen Anlass geben können. Am 24. April 1952 wurde ein knapper halber Liter Museumskompost vom letzten Herbst mit ca. 75000 I.E. Penicillin möglichst gleichmässig ver-

setzt und am 10 Juni 1952 (nach 6 Wochen) ausgelesen. Von den ursprünglich zahlreich vorhandenen Arten vermehrten sich *Onychiurus fimatus* in der Vergleichsprobe wie gewöhnlich in der Wärme nicht (5 grosse Exemplare), wohl aber im Kompost mit Penicillin (ca. 25 Exemplare). Umgekehrt hemmte das Antibiotikum die Entwicklung von *Folsomia candida* wesentlich, während es auf *Isotoma notabilis* ohne direkten Einfluss blieb. Dass so das Penicillin in diesem Versuch eine der Winterkälte ähnliche Veränderung der Kompostierung bewirkte, scheint auch bewiesen zu werden durch die Anwesenheit im Penicillinglas von 3 Exemplaren von *Isotoma olivacea.*

VIII. Sukzessionen

Endlich kann nach langem Umweg zur ursprünglichen Frage zurückgekehrt werden. Sie war insofern falsch gestellt, als sich „Blattkompost" als ein sehr uneinheitliches Milieu erwiesen hat. Die faunistischen Unterschiede von einem Komposthaufen zum andern sind ebenso gross als diejenigen zwischen einer Sukzessionsphase zur andern.

Das Bild der ökologisch bedingten Sukzessionsfolge könnte allerdings gestört werden durch die Existenz einer genetisch fixierten Fortpflanzungssaison, wie sie neuerdings von Baudissin (1952) behauptet wird. Meine Versuche zeigen aber in allen Fällen, dass die Fortpflanzungsfähigkeit der untersuchten Collembolen von Aussenfaktoren, teilweise auf dem Umweg über die Nahrung, abhängig ist. Nach Agrell (1941) entwickelte z. B. *Isotoma olivacea* an einem lappländischen Standort über der Baumgrenze nur eine Generation während des Jahres 1937.Bei uns tritt diese Art unter normalen Bedingungen während einem einzigen Winter in schätzungsweise 4 bis 5 Generationen auf. Von einem artlich fixierten Generationsverlauf ist also keine Rede. Dasselbe gilt für *Isotomiella minor*, von der in Lappland auch nur eine Jahresgeneration beobachtet wurde, während *Isotoma notabilis* am gleichen Standort 2 Generationen entwickelt haben soll. Letzteren Schluss Agrells halte ich allerdings nicht für erwiesen. Seine Beobachtungen (Diagramm II A, B, Tab. 32, 34) zeigen eher wie die Populationsentwicklungen von Jahr zu Jahr wechseln und zu gleichen Daten

aufeinanderfolgender Jahre die Alterszusammensetzung einer Population ganz verschieden sein kann. Die Diagramme und Tabellen, in denen er die Populationsentwicklungen des ersten halben Jahres 1938 vor diejenige der zweiten Hälfte des Vorjahres stellt, müssen deshalb beanstandet werden. Denn um eine fixe Periodizität darzutun, setzt seine Darstellung eine solche voraus und verleitet zu falschen Schlüssen. Auch von *Folsomia quadrioculata* gibt Agrell zwei deutliche Generationen an, wo aus seinen Tabellen nur hervorgeht, dass Jungtiere während der ganzen Vegetationsperiode auftreten können und die Populationsbewegungen von Ort zu Ort und von Jahr zu Jahr einen anderen Verlauf nehmen.

Mein Mann und ich haben vergeblich versucht nach der Agrell'schen Methode die Zahl der Generationen verschiedener Collembolenarten bestimmter Genfer Standorte zu erfahren. In unsern gemässigten Klimaten überdecken sich die Generationen meist kunterbunt und es gelingt nur in einzelnen Fällen den Zeitpunkt des Massenausschlüpfens einer Art, z. B. im Frühjahr *(Hypogastrura denticulata)* zu erfassen. Die Dauer einer Generation beträgt nach unseren Feldbeobachtungen ungefähr 5 bis 7 Wochen. Es frägt sich, ob die von Baudissin angegebene gleiche Zeitspanne für das Abklingen der Giftwirkung von Hexa- und DDT-Mitteln im Boden nicht auch auf neuen Generationen beruht, denn seine Behauptung steht im Widerspruch sowohl zu seinen eigenen Daten als auch zu dem, was man bisher über die Wirkungsdauer dieser Gifte im Boden weiss.

Die von mir beobachteten faunistischen Unterschiede müssen somit zum grössten Teil gesetzmässig-ökologischer Natur sein.

Bevor also eine allgemeine Formel der Collembolensukzession im Kompost aufgestellt werden kann, muss die allgemeine Frage der ökologischen Bedingungen aller in Betracht kommender Collembolengemeinschaften beantwortet werden. Davon sind wir zur Zeit noch recht weit entfernt. So muss ich mich auf einige vorläufige Feststellungen beschränken, die nur für die allgemeinen Bedingungen meiner Hauptversuchshaufen gelten.

Im ersten Winter entwickelt sich eine artenarme, aber individuenreiche Winterfauna, bestehend vor allem aus *Isotoma olivacea* und einer der beiden Hypogastruren, *assimilis* oder *bengtssoni*. Mit der warmen Jahreszeit stirbt diese Faunula rasch aus. In Komposten, die erst in der warmen Jahreszeit angelegt werden

tritt sie nicht auf. Im zweiten Winter entwickelt sie sich manchmal wieder kümmerlich, vielleicht aus einwandernden Exemplaren umliegender neuer Haufen oder aus übersommerten Eiern. Im Frühling tritt dann in den von mir verfolgten Komposten eine artenreiche Faunula auf, unter der Neanuren, Anuriden, spezielle Kompostonychiuren und blinde Folsomien besonders charakteristisch sind. Allmählich geht dieses Stadium in eine Gartenerde-Faunula über, mit *Folsomia multiseta*, anderen Onychiuren, Tullbergien etc. wobei allerdings „Gartenerde" kein einheitlicheres Milieu ist als „Blattkompost".

Ausser bei speziellen Düngungsversuchen war es mir bei den Untersuchungsplätzen nie möglich im Sommer Exemplare der Winterfaunula zu finden, auch in den feuchtesten Partien der Komposte nicht. Wie die betreffenden Arten übersommern, wäre der Gegenstand interessanter ethologischer oder physiologischer Untersuchungen. Ueberhaupt birgt das Problem spontaner Besiedlung noch viele Rätsel. Ulrich (1933, p. 22) meint zwar, dass Collemboleneier einer Erwärmung auf 45° C (Ausleseapparat) und der Austrocknung (Lufttrockenheit der Streu) widerstehen könnten. Er schliesst daraus, dass auch derbe Eingriffe wie Kahlschlag die Streufauna nicht schädigen. Gerade wegen dieses weitgehenden Schlusses muss diesen Angaben widersprochen werden. Es lässt sich leicht beobachten, wie die endogäischen Collembolen, sowie ihre Eier schon in Zimmerluft nach kurzer Zeit verschrumpfen und zu Grunde gehen. Nach eigenen Versuchen entwickelten sich keine Collembolen mehr in einer Probe Kompost, die 4 bis 5 Tage auf einem Berlesetrichter (ca. 30° C) ausgetrocknet und wieder angefeuchtet worden war.

IX. Andere Gemeinschaftstypen von Kompostcollembolen

Ausser den dauernd untersuchten Kompostversuchshaufen wurden gelegentlich Komposte verschiedener Herkunft auf ihre Collembolenfauna geprüft. Oft wurden dabei die schon dargestellten Beziehungen zwischen Standort und Collembolenfauna bestätigt gefunden. Aber ebenso oft stiess ich auf ganz andere

Gemeinschaftstypen, die auch offensichtlich mit speziellen Umweltsbedingungen in Beziehung standen, z. B. in Gemüsebeeten, Warmhäusern, heissfermentierenden Blatthaufen etc. Ich will in Tabelle 7 einige Beispiele von abweichenden Gemeinschaftstypen geben, die zeigen, wie wenig die Oekologie der Kompostcollembolen durch vorstehende Kapitel erschöpft ist.

TABELLE 7.

Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Xenylla welchi . . .	5	4						2			3										
Proisotoma thermophila	5	6						2					2	3							
Sinella caeca	3		5	1						3				2							3
Hypogastrura denticulata	2	5	1	1			1						3	4							
Onychiurus ghidinii .	5						5		2						3						
Onychiurus stachianus					1		3		2	3				6					4		
Onychiurus hortensis .			2	5	4	5	3		3												
Onychiurus normalis .							3	4	3												
Coloburella armata .								4	2												
Folsomia similis . .								3	5												
Proisotoma parvula .			2				1		3												
Friesea sublimis . .										6	4	4	3		3						
Lepidocyrtus cyaneus										3				2							
Pseudosinella 6-oculata												3									
Proisotoma schötti . .													4	5							
Anurida comellinii .													2	1							
Pseudosinella 12-punctata . . .															3						
Ancistracanthella simoneti															1	4					
Folsomina onychiurina																	2				
Proisotoma dottrensi .																		5	4	4	6
Heteromurus nitidus .																		2	5		
Hypogastrura assimilis											3										
Friesea mirabilis . .													2							5	
Neanura muscorum .		5					2								1						
Neanura giselae . .	1		5		2	1								2	4						
Onychiurus fimatus .															5					1	
Tullbergia krausbaueri									2												
Folsomia multiseta .					3																
Folsomia candida . .	2		3	2		1			2		1			1					1	3	3
Proisotoma minuta .	4	5									6								4	5	
Isotoma notabilis . .				1				1				6	2		6		2				
Isotoma olivacea . .		3			1								3	2						5	
Isotomiella minor . .	1		6		2				3											2	
Lepidocyrtus lanuginosus	2	2	2							4			3				3				
Neelus minimus . .							2														

In summarischer Uebersicht sind die wichtigsten Standorteigenschaften folgende:

Proben	
1—2	heiss fermentierender Kompost
3—9	Komposterde in Beeten und Blumentöpfen
10—14	Pferdemist, Holzmoder, Torf, bezw. Gartenabfälle
15—17	Kompost aus Warmhäusern
18—21	Kompost aus der Tiefe von Saatbeeten.

Probe 1. Kompost aus 1/3 Pferdemist und 2/3 Blättern in einer Gärtnerei in Carouge, in einem Beet an der Sonne. 10.5.49 (Ga 274).

Probe 2. Grosser, relativ trockener Blatthaufen in einem Stadtpark; im Inneren warm, dampfend. 12.4.51 (Ga 608).

Probe 3. Blattkompost ca 50 cm tief, in einem Beet an der Sonne, mit dünner Schicht älterer Komposterde überdeckt, Stadtgärtnerei La Grange. 9.8.50 (Ga 511).

Probe 4. Vierjährige Blattkomposterde in grossem Haufen an der Sonne, wurde jedes Jahr umgestochen. Trocknet im Sommer meist stark aus. Stadtgärtnerei La Grange. 27.3.51 (Ga 596).

Probe 5. Kompost aus Gartenabfällen aus einem Beet der Stadtgärtnerei Beaulieu. 14.8.50 (Ga 517).

Probe 6. Gemüsebeet in der Gartenbauschule. 23.5.50 (Ga 499).

Probe 7. Altes, bis vorigen Herbst gedecktes Blumenbeet in Gärtnerei Carouge. 24.4.49. (Ga 260).

Probe 8. Blumenbeet in Gärtnerei in Carouge. 28.5.49.(Ga 275).

Probe 9. Blumentopferde (Geranium), Gärtnerei in Carouge. 28.5.49 (Ga 403).

Probe 10. Pferdemist, Stadtgärtnerei Beaulieu. 12.10.50 (Ga 540).

Probe 11. Pferdemist ohne Stroh. Gärtnerei in Carouge. 28.5.49 (Ga 298).

Probe 12. Schwarzer Holzmoder in hohlem Ast einer Rosskastanie, ca 12 m über dem Boden. Promenade des Bastions, Genf. 20.3.50 (Ga 463).

Probe 13. Kleiner Haufen Schweizertorf, Gartenbauschule. 13.6.49 (Ga 429).

Probe 14. Grosser Haufen von Gartenabfällen, ca. ein Jahr alt, Gartenbauschule. 13.6.49 (Ga 431).

Probe 15. Blätter in einer teilweise besonnten Holzkiste im Museumsgarten, keine stabile Gemeinschaft, wichtigste Charakterarten waren 2 Monate später verschwunden. 16.6.52 (Ga 905).

Probe 16. Verlassenes Warmhaus in geschützter, warmer Lage. Alte Komposterde, Garten in Genf. 22.5.49 (Ga 290).

Probe 17. Geheiztes Warmhaus der Gartenbauschule. Seit 6 Monaten befeuchteter Torfmull. 4.7.49 (Ga 439).

Probe 18. Gemüsebeet, wenig zersetzter Rossmist in 40 cm Tiefe, Gartenbauschule. 13.6.49 (Ga 423).

Probe 19. Tiefere Schicht eines anderen Gemüsebeets, Rossmist und Blätter, Gartenbauschule. 13.6.49 (Ga 424).

Probe 20. Schwarz modernde Eichenblätter aus der Tiefe eines Blumenbeets, Gartenbauschule. 17.4.51 (Ga 613).

Probe 21. Dto. Anderes Blumenbeet. 12.11.51 (Ga 757).

X. Schluss

Im Laufe meiner Studien bin ich über die Oekologie der Collembolen zu Erkenntnissen gekommen, die mir von grösster Wichtigkeit für die zukünftigen Forschungen auf diesem Gebiet scheinen.

Zunächst muss ich der weitverbreiteten, noch letzthin wieder verfochtenen Hypothese der Ubiquität der Collembolenarten die gegenteilige Hypothese ihrer weitgehenden ökologischen Spezialisierung entgegenstellen. Die Vertreter ersterer Hypothese stützen sich einerseits darauf, überall ungefähr die gleichen „Arten" gefunden zu haben. Dass dabei grosse Bestimmungsfehler zu Grunde liegen, lässt sich teilweise damit entschuldigen, dass der heutige Stand der Taxonomie der Collembolen auch von erfahrenen Spezialisten überschätzt worden ist. Andererseits gehen diese Autoren von *a priori* als einheitlich behandelten Standortstypen aus, z. B. „Humus" (Linnaniemi), von „Wassermoos" (Agrell) etc. Dass mir alle behandelten ökologischen Probleme ebenfalls entgangen wären, wenn ich durchweg Kompost als Milieu mit einheitlicher Fauna vorausgesetzt hätte, geht aus meiner Arbeit deutlich hervor. Man wird der wichtigen ökologischen Abhängigkeiten der Organismen erst richtig gewahr, wenn man voraussetzungslos ihre gegenseitige ökologische Verteilung in der Natur sprechen lässt und zugehörige Korrelationen zu den Umweltbedingungen sucht (Gisin 1951 *a*). Die Biotopmethode setzt eben in der Oekologie einen Teil dessen unbegründet voraus, was sie erforschen will (Gisin 1947). Daher ist sie unergiebig, zumal bei Collembolen, wo die ökologischen Verhältnisse selten einfach sind, wie zum Beispiel bei einem monophagen oder sandgrabenden Insekt. Das liegt, wie

in dieser Arbeit sehr wahrscheinlich gemacht worden ist, an der oft sehr feinen Spezialisierung der Arten auf die schwer einschätzbaren klimatischen Bedingungen des Mikromilieus, sowie der Bindung der saprophagen Collembolen an die unsichtbaren mikrobiellen Vorgänge im Boden, deren Vielfältigkeit und oft Unberechenbarkeit bekannt ist. Die grösstenteils nach neuen Prinzipien durchgeführten ökologischen Versuche vorliegender Studie zeigen, dass die Oekologie der Collembolen trotzdem nicht ganz ausser dem Bereich experimenteller und vergleichender Forschung ist. Die Interpretation der Bedeutung physikalischer Faktoren verlangt aber grosse Vorsicht wegen ihrer eventuellen Wirkung auf dem Umwege über die Mikroflora, so z. B. wenn eine Zucht von *Onychiurus fimatus* in der Zimmerwärme bei starker Düngung oder mit Penicillin plötzlich gelingt, sonst nur bei niederen Temperaturen.

Gerade wegen dieser komplexen Verknüpfung der Faktoren erscheint es aber zweifelhaft, je zu einer vollständigen kausalen Auflösung der im Spiel stehenden ökologischen Bedingtheiten zu gelangen. Aber dann werden wir doch nicht von Zufall und von Euryöcie reden, sondern von einer komplexen, feinen Spezialisierung, die als Indikator von hohem theoretischem oder sogar praktischem Wert sein kann, auch wenn uns ihre Natur im Einzelnen entgeht. Schon jetzt vermögen wir auf Grund der Collembolenfauna verschiedene Komposttypen zu unterscheiden, die sehr wahrscheinlich auch gartenbaulich verschiedenwertig sind. Die Erforschung der Bodenfauna vermag zweifellos der ganzen Bodenforschung neue Impulse zu geben.

ANHANG:

XI. Übersicht über die erwähnten Arten in systematischer Anordnung

1. *Hypogastrura (Ceratophysella) bengtssoni* (Ågr.) (Tab. 1).

Meine Untersuchungen haben nachgewiesen, dass *Hypogastrura bengtssoni* eine ökologisch scharf spezialisierte Winterart schmierig-feuchter, wenig zersetzter, organischer Substanzen ist. Sie charak-

terisiert unter dauernd feuchten Bedingungen kalt fermentierende Komposte. Wie man bei gefangen gehaltenen Exemplaren beobachten kann, sind sie doch sehr empfindlich gegen Kondenswassertröpfchen. Wie die Art bei uns den Sommer überdauert, ist noch unbekannt.

Demgegenüber steht die Ansicht des Collembolenökologen Agrell, der in einer speziell dieser Art gewidmeten Arbeit (1932) zum Schluss kommt: „ökologisch gesehen bietet *Hypogastrura bengtssoni* nichts von besonderem Interesse. Die Art ist wie die meisten *Hypogastrura*-Arten eurytop und ist also an verschiedensten Standorten vorhanden. Eine Uebersicht über die Literatur zeigt z. B. folgende Lokalitäten: unter Steinen, in moderndem Laub, unter Brettern, unter Pilzlamellen, in Düngerhaufen, in Exkrementen, etc. Meine Exemplare habe ich in vermoderndem Holz gefunden."

Schaller (1949 *b*, *c*) veröffentlichte in zwei Notizen ethologische Beobachtungen über *Hypogastrura „bengtssoni"*. Aus seinen Standortangaben geht aber hervor, dass es kaum diese Art gewesen sein kann, sondern eher *Hypogastrura sigillata* (Uz.).

2. *Hypogastrura (Cerat.) denticulata* (Bagn.) sensu Gisin 1949 *a* (Tab. 2, 3, 7).

Im Gegensatz zur vorigen verlangt diese Art Wärme zu ihrer Entwicklung und erscheint im Kompost massenhaft nur in warmen Sommern oder warmen Standorten.

3. *Hypogastrura assimilis* (Krsb.) sensu Gisin 1952 (Tab. 1, 2. 3, 6). Syn. *Hypogastrura manubrialis assimilis* (Krsb).

Auch eine gemeine Winterart wie *bengtssoni*, lebt aber im Gegensatz zu dieser nur in weniger feucht fermentierendem, zeitweise etwas antrocknendem und daher gut durchlüftetem Kompost.

4. *Xenylla welchi* Fols. (Tab. 7).

Diese Art tritt recht sporadisch, dann aber oft massenhaft auf, was wahrscheinlich mit ihrer Bevorzugung heiss gärender organischer Reste zusammenhängt.

5. *Ancistracanthella simoneti* Gisin 1949 *a* (Tab. 7).

Seit dem ersten Fund durch meinen Mann in einem alten Warmhaus nur noch in einem Exemplar in einem oft besonnten Holzverschlag, der mit Blättern angefüllt war, gefunden.

6. *Friesea mirabilis* (Tullb.) (Tab. 7).
Im Kompost nur ganz sporadisch.

7. *Friesea sublimis* Macn. sensu Gisin 1950 (Tab. 7).
Nicht häufig und bisher meist in Stallmist, dort aber oft sehr zahlreich.

8. *Odontella (Xenyllodes) bayeri* (Kse.) (Tab. 3).
Eine seltene thermophile Art. Erster Fund in der Schweiz.

9. *Anurida comellinii* Gisin 1949 *a* (Tab. 3, 5, 7).
Wahrscheinlich ebenfalls eine thermophile Art.

10. *Neanura muscorum* (Templ.) (Tab. 1, 2, 3, 6, 7).
Die Oekologie aller Neanurinen ohne kauende Mundwerkzeuge (Nr. 5—11 dieser Liste) ist noch unklar. Ihre Ernährung scheint von derjenigen aller anderen Collembolen grundsätzlich abzuweichen, ohne dass wir darüber Genaueres wissen.

11. *Neanura giselae* Gisin 1950 (Tab. 2, 3, 6, 7).
Vielleicht eine thermophile Art, die aber ebensowenig wie die anderen Neanurinen auf meine Versuche konstante Reaktionen erkennen liess.

12. *Onychiurus burmeisteri* (Lubb.) (Tab. 2).
Nur vereinzelt in die Komposterde des Museumgartens vom umliegenden Park eingedrungen. Oekologie noch wenig bekannt.

13. *Onychiurus campatus* Gisin 1952 *b* (Tab. 1).
Charakterart frischer Acker- und Wiesenböden.

14. *Onychiurus fimatus* Gisin 1952 *b* (Tab. 2, 3, 5, 6, 7).
In mittelfeuchtem Kompost oft massenhaft. Pflanzt sich in der Regel nur bei niedrigen Temperaturen fort, aber ohne im Sommer auszusterben. In Kulturen wurden frischgekochtes Eiweiss, grüner Salat und grüne Rindenalgen neben fauligen organischen Stoffen, z. B. toten Artgenossen, gefressen. Im Gegensatz zu *Onychiurus stachianus* wird die Entwicklung dieser Art durch Stickstoffdüngung gefördert.

15. *Onychiurus hortensis* Gisin 1949 *a* (Tab. 7).
In sonnigen Blumen- und Gemüsebeeten verschiedener Herkunft aus der Umgebung von Genf.

16. *Onychiurus normalis* Gisin 1949 *a* (Tab. 7).
Blumenbeete und Blumentopferde.

17. *Onychiurus stachianus* Bagn. (Tab. 1, 2, 3, 5, 7).
Syn. *Onychiurus stachi* Denis und *Onychiurus gridellii* Gisin 1949 b.
Diese Art entwickelt sich massenhaft im Frühling in gut durchlüftetem, schattigem Kompost, der während des Winters sehr feucht fermentiert hat. Stickstoffdüngung (Cyanamid) hindert ihre Entwicklung.

18. *Onychiurus ghidinii* Denis (Tab. 3, 5, 7).
Diese Art verlangt im Gegenteil warm, sonnig gelagerten Kompost, in dem sie eine grosse Rolle spielen kann. Ursprünglich von Venedig beschrieben.

19. *Tullbergia callipygos* C B. sensu Gisin 1944 (Tab. 1).
In angetrockneter Komposterde. Oekologische Spezialisierung wahrscheinlich eng, aber noch unklar.

20. *Tullbergia krausbaueri* C B. (Tab. 1, 2, 3, 7).
Auch keine typische Kompostart, die verbreitet in trockenen, feinporigen Böden zu leben vermag.

21. *Coloburella (Paranurophorus) armata* (Stach) (Tab. 7).
Gartenbeet und Blumentopferde. Erster Fund aus der Schweiz. Vorher nur aus Polen, ebenfalls in Blumentopferde bekannt geworden.

22. *Folsomina onychiurina* Denis (Tab. 7).
In einem Warmhaus mit Tropenpflanzen. Erster Fund in Europa. Bisher selten aus Amerika, Westaustralien und Neuseeland gemeldet.

23. *Folsomia quadrioculata* (Tullbg.).
In keiner der Tabellen dieser Arbeit erwähnt, aber im Text, weil sie sich dauernd in einem Drahtkorb mit Tannennadelkompost erhalten hat und daraus nie in den anliegenden Blattkompost ausgewandert ist.

24. *Folsomia multiseta* Stach. (Tab. 1, 2, 3, 5, 7).
Massenhaft in den meisten Komposten schon etwas fortgeschrittenen Zersetzungsgrades.

25. *Folsomia candida* Will. (Tab. 2, 3, 6, 7).

Eine in lebhaft gärendem Kompost sehr verbreitete Art. Sie vermehrt sich vorzugsweise bei niederen Temperaturen. Im Hochsommer gehen die Populationen zurück. Da sie eine relativ weite Spanne von Feuchtigkeitsschwankungen verträgt, ist sie eine der leichtesten im Laboratorium zu züchtenden Collembolenarten. Stickstoffhaltige Stoffe fördern ihre Entwicklung. Frisch gekochtes Eiweiss wird sofort angefressen, Käse und Fleisch erst nach begonnener Zersetzung. An Stellen, die mit einem Tropfen Zuckerwasser imprägniert wurden, sammeln sich die Tiere bald massenhaft an.

Die Entwicklung der Eier betrug in Zimmerwärme 12 Tage.

26. *Folsomia similis* Bagn. (Tab. 6).

Blumenbeete und Blumentopf.

27. *Proisotoma (Folsomides) parvula* (Stach) sensu Gisin (Tab. 3).

Art xerothermer Böden.

28/29. *Proisotoma minuta* (Tullb.) und *subminuta* Denis (Tab. 1, 2, 3, 5, 7).

Das oft zahlreiche, aber meist nur wenige Monate dauernde Auftreten dieser Formen ist noch unerklärlich, so dass der minimale morphologische Unterschied zwischen ihnen ökologisch auch noch nicht sicher begründet werden kann. Ueber die Artberechtigung von *subminuta* ist also noch nicht das letzte Wort gesprochen.

30. *Proisotoma dottrensi* Gisin 1949 *a* (Tab. 7).

Bisher ausschliesslich aus tiefen Schichten verschiedener warmer Kompostbeete der Gartenbauschule Genf.

31. *Proisotoma (Isotomina) thermophila* (Ax.) (Tab. 7).

Eine wärmebedürftige Art, die u. a. in heiss gärendem Kompost gefunden wurde.

32. *Isotomiella minor* (Schäff.) (Tab. 1, 2, 7).

Es geht aus den Tabellen deutlich hervor wie falsch es wäre diese doch sehr verbreitete Art einfach als euryök zu bezeichnen, obwohl es zur Zeit unmöglich ist ihre Ansprüche genauer zu definieren.

33. *Isotoma notabilis* Schäff. (Tab. 1, 2, 3, 5, 6, 7).

Diese gemeine Art entwickelt sich immerhin im Kompost erst etwa vom fünften Monat nach Beginn der Zersetzung an.

34. *Isotoma olivacea* Tullb. (Tab. 1, 2, 3, 6, 7).

Charakterart der ersten winterlichen Zersetzungsphase des Komposts. Sie stirbt im Mai-Juni regelmässig jäh aus. An ständig kühlen alpinen Standorten Lapplands hingegen lebt die Art nach Agrell (1941) während des ganzen Jahres und entwickelt dabei nur eine jährliche Generation. Nach meinen Beobachtungen scheint ihr bei uns die Wärme nicht direkt zum Verhängnis zu werden, sondern eher auf dem Umweg über sommerliche mikrobielle Umstellungen im Kompost. Im Gegensatz zu *Onychiurus armatus* frass *olivacea* in meinen Zuchten Salat nie grün, sondern ausschliesslich faulend, ebenso gekochtes Eiweiss.

34 *a*. *Isotoma olivacea f. stachi* Denis.

Syn. *Spinisotoma stachi* (Denis), Stach 1947.

Diese Form wurde in den vorstehenden Tabellen nicht besonders ausgeschieden. Sie erschien regelmässig zur Zeit des Verschwindens der *Isotoma olivacea* im Frühjahr und in Zuchten von *Isotoma olivacea*, die unter ungünstigen Umständen durchgeführt wurden. Sie unterscheidet sich von der Stammart nur durch 6 grosse, merkwürdige Dornen auf dem 5. Abdominalsegment. Ich fand immer nur junge, geschlechtlich undifferenzierte Individuen (0,9 mm Körperlänge) und kann also Stach's offenbar noch unbewiesene Hypothese der geschlechtlichen Bindung dieser Form weder bestätigen noch widerlegen. Dagegen steht für mich fest, dass *stachi* nur eine allerdings höchst interessante Varietät von *Isotoma olivacea* darstellt und sich also Stach's Gattung *Spinisotoma* dafür nicht rechtfertigt. Zur gleichen Auffassung ist übrigens Agrell (1936) in bezug auf *Spinisotoma pectinata* Stach als Form von *Isotoma propinqua* gekommen. Ferner ist bemerkenswert, dass Brian (1945) seine in Unkenntnis der Literatur aufgestellte *Spinisotoma ephippiata*, welche in Wirklichkeit synonym mit *stachi* ist, ebenfalls unter zahlreichen *Isotoma olivacea* gefunden hatte. Die Form *stachi* war bisher nur aus Italien, Spanien, Ungarn und England bekannt.

35. *Sinella caeca* (Schäff.) (Tab. 1, 2, 3, 5, 7).

Eine wärme- und humusbedürftige Art.

36. *Lepidocyrtus cyaneus* Tullb. (Tab. 1, 2, 3, 7).
Im Kompost sporadisch.

37. *Lepidocyrtus lanuginosus* (Gmel.) (Tab. 1, 2, 3, 6, 7).
Gemeine, aber im Kompost nur eine geringe Rolle spielende Art.

38. *Lepidocyrtus octoculatus* Caroli (Tab. 3).
Eine bei uns seltene südliche Art.

39. *Pseudosinella duodecimpunctata* Denis. (Tab. 7).
Nur einmal vorübergehend im Kompost in einer Kiste (Museumsgarten) gefunden.

40. *Pseudosinella sexoculata* Schött. (Tab. 2, 7).
Selten, aber vielleicht für bestimmte Komposte bezeichnend.

41. *Pseudosinella alba* (Pack.) (Tab. 1, 2).
Nur in schattigen Komposten sich zahlreich entwickelnd.

42. *Heteromurus nitidus* (Temp) (Tab. 1, 2).
Oekologisch verwandt mit voriger Art, aber noch anspruchsvoller an kühle Feuchtigkeit.

43. *Neelus minimus* (Will.) (Tab. 7).
In Komposten selten.

LITERATURNACHWEIS

1932. Agrell, I. *Ueber* Hypogastrura Bengtssoni Ågren. Ent. Tidskr., vol. 53, p. 127-131.

1941. —— *Zur Oekologie der Collembolen*. Opusc. ent. Suppl. 3. 236 S.

1952. Baudissin, Graf F. v. *Die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Collembolen und Milben in verschiedenen Böden*. Zool. Jb. (Syst.), Bd. 81, p. 47-90.

1943. Deshusses, L. *Terres et fumures des jardins*. Neuchâtel. 301 pp.

1950. Franz, H. *Neue Forschungen über den Rotteprozess von Stallmist und Kompost*. Veröff. Bundesanst. alpine Landw. Admont. H. 2, 114 S.

1943. Gisin, H. *Oekologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im schweizerischen Exkursionsgebiet Basels*. Rev. suisse Zool., T. 50, p. 131-224.

1947. Gisin, H. *Analyses et synthèses biocénotiques.* Arch. Sc. phys. nat. (5), vol. 29, p. 42-75.

1949*a*. —— *Notes sur les Collemboles avec description de quatorze espèces et d'un genre nouveau.* Mitt. schweiz. ent. Ges., Bd. 22, p. 385-410.

1949*b*. —— *Exemple du développement d'une biocénose dans un tas de feuilles en décomposition.* Mitt. schweiz. ent. Ges., Bd. 22, p. 422.

1950. —— *Notes sur les Collemboles avec une espèce, un nom et trois synonymes nouveaux.* Mitt. schweiz. ent. Ges., Bd. 23, p. 411-416.

1951*a*. —— *La biocénotique.* Année biol., vol. 27, p. 81-88.

1951*b*. —— *Neue Forschungen über Systematik und Oekologie der Collembolen.* Naturwiss., Bd. 38, p. 549.

1952. —— *Notes sur les Collemboles, avec démembrement des* Onychiurus armatus, ambulans *et* fimetarius auctorum. Mitt. schweiz. ent. Ges., Bd. 25, p. 1-22.

1907. Linnaniemi, W. M. *Die Apterygotenfauna Finlands* I. Acta Soc. Sci. Fennicae, T. 34, nº 7, 134 pp.

1949*a*. Schaller, F. *Die Collembolen in der Oekologie.* Naturwiss., Bd. 36, p. 296-299.

1949*b*. —— *Notiophilus biguttatus F. und Japyx solifugus als spezielle Collembolenräuber.* Zool. Jb. (Syst.), Bd. 78, p. 294-296.

1949*c*. —— *Ueber die Bedeutung der Antennenblasen der Hypogastruren.* Entomon, Vol. 1, p. 164-165.

1951. —— *Zur Oekologie der Collembolen des Mainzer Sandes.* Zool. Jb. (Syst.), Bd. 79, S. 449-513.

1947. Stach, J. *The Apterygotan Fauna of Poland, etc. Fam. Isotomidae.* Acta monogr. Mus. Hist. nat. Krakow, Vol. 1, 488 pp.

1933. Ulrich, A. Th. *Die Makrofauna der Waldstreu.* Mitt. Forstwirtsch. und Forstwiss., p. 1-41.